

2001 P 21603



B8

PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : A61B 19/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/21450 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. April 2000 (20.04.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/07540 (22) Internationales Anmeldedatum: 7. Oktober 1999 (07.10.99) (30) Prioritätsdaten: 198 46 687.0 9. Oktober 1998 (09.10.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): AUER, Dorothee [DE/DE]; Gollierplatz 4, D-80339 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AUER, Ludwig, M. [DE/DE]; Semmelweisstrasse 9, D-66424 Homburg (DE). (74) Anwalt: LEINWEBER+ZIMMERMANN; Rosental 7, D-80331 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE): Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

(54) Title: DEVICE FOR CARRYING OUT MEDICAL INTERVENTIONS AND A METHOD FOR GENERATING AN IMAGE

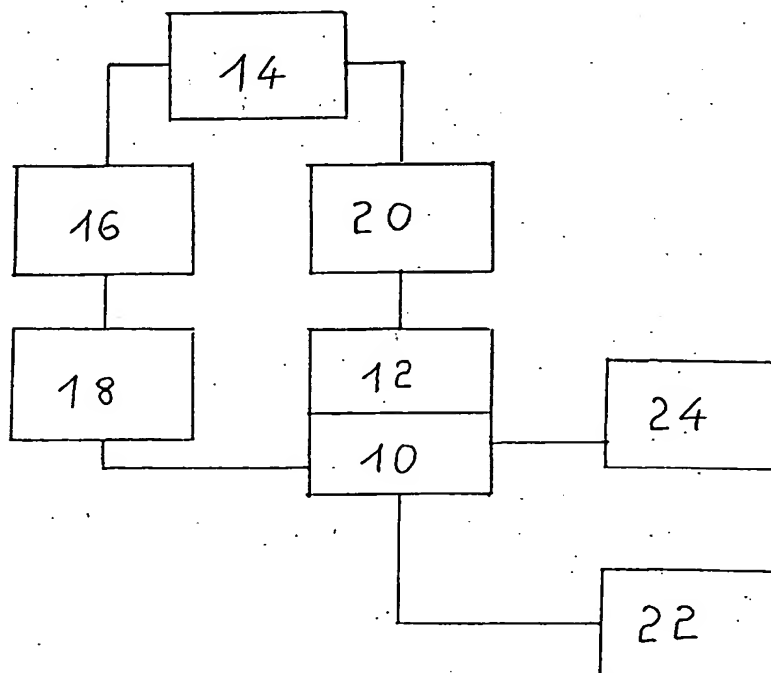
(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM AUSFÜHREN VON MEDIZINISCHEN EINGRIFFEN UND VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES BILDES.

(57) Abstract

The invention relates to a device for carrying out medical interventions on the human or animal body and to a method for generating an image of the human or animal body. According to the invention, preoperatively obtained first image data is updated by means of intraoperatively obtained second image data according to the changes between two sets of second image data recorded at different points in time.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen am menschlichen oder tierischen Körper sowie ein Verfahren zum Erzeugen eines Bildes des menschlichen oder tierischen Körpers. Erfindungsgemäß werden präoperativ gewonnene erste Bilddaten mittels intraoperativ gewonnener zweiter Bilddaten aktualisiert, und zwar entsprechend den Veränderungen zwischen zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommenen zweiten Bilddaten.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**VORRICHTUNG ZUM AUSFÜHREN VON MEDIZINISCHEN EINGRIFFEN UND
VERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES BILDES**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen (Operationen) am menschlichen oder tierischen Körper, mit einer Einrichtung zum Speichern von ersten Bilddaten über das Operationsgebiet, die beispielsweise im Wege der Computertomographie und/oder der Kernspintomographie gewonnen worden sind, und mit einer Einrichtung zum Anzeigen von Bilddaten.

Im Gegensatz zu Operationen in der Orthopädie ändert sich das Operationsgebiet z.B. in der Hirnchirurgie und der Leberchirurgie während des Eingriffs. Im Falle beispielsweise der Koagulation eines Hirntumors treten nämlich zwei Effekte auf.

Der Hirntumor wird sich zum einen absenken und zum anderen an Volumen abnehmen, wobei das Gehirn jeweils sofort das von dem koagulierenden Tumor freigegebene Volumen einnimmt. Mithin ist es erforderlich, präoperativ gewonnene Bilddaten intraoperativ zu aktualisieren, um zu verhindern, daß wegen falscher oder fehlender Informationen über die aktuelle Lage des zu koagulierenden Tumors Schädigungen des angrenzenden Gehirns auftreten.

Um detaillierte Informationen über das Operationsgebiet zu erhalten, werden bildgebende Verfahren eingesetzt, wie beispielsweise die Kernspintomographie und die Computertomographie. Beide bildgebenden Verfahren sind aber nur eingeschränkt oder gar nicht zur intraoperativen Bildgebung geeignet. Bildgebende Verfahren mittels Ultraschalls können zwar intraoperativ angewendet werden, die damit gewonnenen Bilddaten sind aber meist nicht detailliert genug.

Der Erfindung liegt mithin die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit der intraoperativ ausreichend detaillierte Bilddaten ermittelt und angezeigt werden können.

Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst durch eine beispielsweise mit Ultraschall arbeitende bildgebende Einrichtung zum Gewinnen von zweiten Bilddaten über das Operationsgebiet während der Operation und eine Aktualisierungseinrichtung, die dazu ausgelegt ist, zu einem ersten Zeitpunkt gewonnene zweite Bilddaten mit zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt gewonnenen zweiten Bilddaten zu vergleichen, die ersten Bilddaten entsprechend der sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung zu aktualisieren und die aktualisierten ersten Bilddaten der Anzeigeeinrichtung zuzuleiten.

Mit anderen Worten werden intraoperativ nicht oder nur schwer zu erhaltende, jedoch ausreichend detaillierte Bilddaten präoperativ gewonnen und intraoperativ während der Operation leichter zu erhaltender, jedoch weniger detaillierter Bilddaten aktualisiert und angezeigt, so daß ein aktuelles und ausreichend detailliertes, wenngleich künstlich erzeugtes Bild erhalten und angezeigt werden kann. Es werden also erfindungsgemäß die intraoperativ erhaltenen Bilddaten nicht selbst zur Anzeige gebracht, sondern nur dazu verwendet, präoperativ erhaltene und wesentlich detailliertere Bilddaten zu aktualisieren.

Verfahren zum Aktualisieren von Bilddaten sind in der Medizintechnik allgemein bekannt, und zwar beispielsweise aus folgenden Veröffentlichungen:

"Individualizing Anatomical Atlases of the Head" aus "Visualization in Biomedical Computing", 1996; "Medical Image Segmentation Using Topologically Adaptable Surfaces", aus "CVRMed-MRCAS'97", März 1997, S. 23 - 32; "Segmentation Using Deformable Models with Affinity-Based Localization", aus "CVRMed-MRCAS'97", März 1997, S. 54 - 62; "Volumetric Medical Images Segmentation Using Shape Constrained Deformable Models", aus "CVRMed-MRCAS'97", März 1997, S. 13 - 22; "Shape-Based Segmentation and Tracking in 4D Cardiac MR Images", aus "CVRMed-MRCAS'97", März 1997, S. 43 - 52; "Decimation of Iso-surfaces with Deformable Models", aus "CVRMed-MRCAS'97", März 1997, S. 84 - 92.

Erfindungsgemäß bevorzugt kann vorgesehen sein, daß die Aktualisierungseinrichtung die ersten Bilddaten in vorbestimmten Zeitabständen aktualisiert. Die Zeitabstände werden dabei den der jeweilig durchzuführenden Operation eigenen Erfordernissen angepaßt sein. Manche Veränderungen, wie z.B. Schrumpfun- gen bei Koagulation erfordern, daß die Aktualisierung na-

hezu in Echtzeit erfolgt. Dies kann viele Aktualisierungen pro Sekunde bedeuten.

5 Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Aktualisierungseinrichtung die ersten Bilddaten immer dann aktualisiert, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten. Mit anderen Worten erfolgt eine Aktualisierung nur dann, wenn dies erforderlich ist, weil zu berücksichtigende Änderungen eingetreten sind. Dadurch kann
10 die zur Aktualisierung erforderliche Rechenzeit und -kapazität auf ein Minimum reduziert werden.

Bevorzugt weist die erfindungsgemäße Vorrichtung einen Operationsroboter auf, der dazu ausgelegt ist, unter Einbeziehung der aktualisierten ersten Bilddaten manuell eingegebene
15 Befehle auszuführen und/oder nach einem vorbestimmten Programm mindestens einen Operationsschritt selbsttätig auszuführen. Mit anderen Worten arbeitet der Operationsroboter selbsttätig auf der Grundlage der jeweils aktualisierten ersten Bilddaten, und/oder er wird von einem Operateur geführt, der die jeweils
20 aktualisierten Bilddaten der Anzeigeeinrichtung entnehmen kann, und gegebenenfalls durch endoskopische Einrichtungen direkten Einblick in den Operationsbereich hat.

25 Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, daß der Operationsroboter dazu ausgelegt ist, auf ein vorbestimmtes Volumen in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet beschränkt zu arbeiten. Dieses Volumen kann beispielsweise ein zu koagulierender Hirntumor sein. Mithin
30 wird der Operationsroboter in diesem Fall die Koagulation auf den Tumor beschränken, so daß angrenzende Gehirnsubstanz nicht gefährdet ist.

Der Operationsroboter kann erfindungsgemäß dazu ausgelegt
35 sein, einen vorbestimmten Abstand zu einer vorbestimmten

Grenzoberfläche in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet einzuhalten. Wiederum gilt, daß dadurch an das Operationsgebiet angrenzende Hirnsubstanz vor einer Schädigung durch den Operationsroboter sicher ist.

Ferner kann der Operationsroboter erfindungsgemäß dazu ausgelegt sein, einen vorbestimmten Punkt in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet anzufahren. Bei so einem Anfahrpunkt kann es sich beispielsweise um das Zentrum eines zu koagulierenden Hirntumors handeln.

Erfindungsgemäß bevorzugt ist eine Einrichtung zum Eingeben des Beschränkungsvolumens, der Grenzoberfläche und/oder des Anfahrpunktes vorgesehen. Dadurch hat der Operateur die Möglichkeit, dem Operationsroboter präoperativ und/oder intraoperativ die für die Sicherheit erforderlichen und oben beschriebenen Grenzen zu setzen bzw. einen Anfahrpunkt zu setzen, der zu Beginn, im Verlauf oder gegen Ende der Operation von dem Operationsroboter angefahren werden soll.

Erfindungsgemäß bevorzugt ist eine Eicheinrichtung vorgesehen, die fest an dem Körper anzubringen ist und die mindestens eine Landmarke aufweist, welche bezüglich des Körpers einen festen gemeinsamen Bezugspunkt für die ersten und die zweiten Bilddaten darstellt. Eine solche Eicheinrichtung dient beispielsweise dazu, mittels Ultraschall erhaltene Bilddaten unmittelbar vor Beginn der Operation mit präoperativ im Wege der Computertomographie oder der Kernspintomographie erhaltenen Bilddaten durch sogenannte Koregistrierung abgleichen zu können.

Die Eicheinrichtung ist erfindungsgemäß bevorzugt von einem stereotaktischen Rahmen gebildet. Selbstverständlich sind

auch andere (äquivalente) Einrichtungen für diesen Zweck einsetzbar.

5 Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Erzeugen eines Bildes eines menschlichen oder tierischen Körpers.

10 Wie bereits oben erwähnt, gibt es Situationen, beispielsweise während einer Operation, in denen nur Bildgebungsverfahren angewendet werden können, die keine ausreichend detaillierten Bilddaten ergeben.

15 Der Erfindung stellt sich mithin die Aufgabe, ein Verfahren der genannten Art anzugeben, das auch dann intraoperativ detaillierte Bilddaten ergibt, wenn ein entsprechend detailliert arbeitendes Bildgebungsverfahren intraoperativ nicht anwendbar ist.

20 Erfindungsgemäß wird die gestellte Aufgabe durch ein Verfahren mit folgenden Schritten gelöst:

- 20 - Speichern erster, beispielsweise im Wege der Computertomographie oder der Kernspintomographie gewonnener Bilddaten des Körpers,
- 25 - Aufnehmen zweiter Bilddaten des Körpers, beispielsweise mittels Ultraschalls, zu einem ersten und zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt,
- 30 - Vergleichen der zu dem ersten und zu dem zweiten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten miteinander,
- Aktualisieren der ersten Bilddaten entsprechend einer sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung und
- 35 - Anzeigen der aktualisierten ersten Bilddaten.

Wie bereits oben unter Bezugnahme auf die erfindungsgemäße Vorrichtung detailliert erläutert, wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren in bestimmten Situationen, d.h. beispielsweise während einer Operation, ein Bildgebungsverfahren angewendet, das weniger detaillierte Bilddaten liefert, wobei nicht diese weniger detaillierten Bilddaten, sondern anhand der Änderung der weniger detaillierten Bilddaten aktualisierte detailliertere Bilddaten angezeigt werden.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich das erfindungsgemäße Verfahren ausschließlich auf das Erzeugen bzw. Anzeigen eines Bildes des menschlichen oder tierischen Körpers, nicht aber auf eine Diagnose oder Therapie bezieht. Zur Diagnose ist es nämlich erforderlich, das Bild nicht nur zu erzeugen und anzuzeigen, sondern auch auszuwerten. Zur Therapie sind über die bloße Erzeugung und das bloße Anzeigen hinausgehende Maßnahmen an dem Körper erforderlich.

Erfindungsgemäß bevorzugt werden der erste Zeitpunkt und die Lage des Körpers bei dem Aufnehmen der zweiten Bilddaten derart gewählt, daß die zum ersten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten den gespeicherten ersten Bilddaten entsprechen.

Mit anderen Worten wird eine Eichung insofern vorgenommen, daß die ersten und die zweiten Bilddaten einmal aufeinander abgestimmt werden, indem sie ein und denselben Zustand des Körpers wiedergeben.

Erfindungsgemäß kann der Schritt des Aktualisierens in vorbestimmten Zeitabständen durchgeführt werden.

Es kann aber auch vorgesehen sein, daß der Schritt des Aktualisierens immer (nur) dann durchgeführt wird, wenn die

sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten. Dadurch kann Rechenzeit und -kapazität eingespart werden.

5 Im folgenden ist die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung mit weiteren Einzelheiten näher erläutert, wobei die Zeichnung

10 schematisch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung

zeigt.

15 Herzstück der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein Rechner 10 mit einem Vergleicher 12. Mittels eines fest am Körper, zu neurochirurgischen Zwecken beispielsweise am Kopf angebrachten stereotaktischen Rahmens 14 wird präoperativ unter Einbeziehung von Landmarken ein Computertomogramm und/oder ein Kernspintomogramm mittels eines Computertomographen bzw. Kernspintomographen 16 aufgenommen. Die dabei erhaltenen Bilddaten
20 werden in einem Speicher 18 abgelegt. Zu Beginn der Operation wird unter Benutzung desselben stereotaktischen Rahmens 14 mittels eines Ultraschallgeräts 20 ein Ultraschallbild aufgenommen, das zu Eichzwecken mit dem Computertomogramm bzw.
25 Kernspintomogramm abgeglichen wird.

Das präoperativ gewonnene Computertomogramm bzw. Kernspintomogramm wird mittels einer Anzeige, beispielsweise in Form eines Monitors 22 angezeigt.

30 Im Verlaufe der Operation, die beispielsweise mittels eines Operationsroboters 24 durchgeführt wird, werden immer wieder Ultraschallbilder erzeugt, die mit vorhergehenden Ultraschallbildern verglichen werden. Dabei sich ergebende Abweichungen dienen dazu, das Computertomogramm bzw. das Kernspin-
35

tomogramm entsprechend zu ändern. Die jeweils so geänderte aktuellste Version des Computertomogramms bzw. Kernspintomogramms wird zum einen von dem Rechner 12 dem Monitor 22 zugeführt, so daß der Operateur durchgehend über den Verlauf der Operation informiert ist. Zum anderen wird sie aber auch verwendet, um den Operationsroboter 24 zu steuern, was beispielsweise beinhaltet, daß ihm ein (sich im Laufe der Operation veränderndes) Operationsvolumen zugewiesen wird, wobei er beispielsweise weiter dazu angehalten wird, einen vorbestimmten Abstand von einer vorher in den Rechner eingegebenen Grenzoberfläche einzuhalten.

Der Operationsroboter 24 ist u.a. zu folgendem in der Lage:

- automatisches Beschränken auf einen vom Operateur vorgeplanten Raum,
- automatisches Halten einer vorgegebenen Distanz zu einer Oberfläche im Operationsgebiet und/oder
- Zurückkehren zu einem vorgewähltem Punkt im Operationsfeld oder am operativen Zugangsweg.

Das Programmieren dieser robotischen Leistungen erfolgt dadurch, daß der Operateur auf Schichtbildern präoperativ erhaltener Bilddatensätze manuell Umgrenzungen angibt, welche sodann Punkte, Strecken oder Räume ergeben und für die Steuerung des Operationsroboters 24 verwendet werden können. Ein solcher Punkt kann ein Start- oder Zielpunkt oder ein Rückkehrpunkt auf einen operativen Zugangsweg sein. Eine Strecke kann eine Verbindungslinie zwischen verschiedenen Punkten auf einem Zugangsweg zu einem Operationsgebiet oder innerhalb des Operationsgebietes sein. Ein Raum oder Volumen kann der Umfang eines soliden oder zystischen Tumors oder einer Zyste bzw. de-

ren Wandung sein, deren Außengrenze mit einem Operationsinstrument nicht berührt werden soll.

5 Zur Kontrolle der räumlichen Gegebenheiten und ihrer Veränderungen während einer Operation bedient sich der Operateur der intraoperativen Ultraschallbildgebung.

10 Vor der Operation wird ein 3D-Datensatz mit einem bildgebenden Verfahren wie etwa der Kernspintomographie oder der Computertomographie hergestellt. Dieser Datensatz dient als Referenzbildgebung für die weiteren Schritte. Während dieser Untersuchung wird für neurochirurgische Zwecke dem Patienten der stereotaktische Rahmen 14 am Kopf befestigt. Dieser Rahmen 14 enthält Landmarken, welche zur Eichung bzw. Koregistrierung der Systeme zu Operationsbeginn verwendet werden können. Zum 15 Zeitpunkt des Operationsbeginns wird der Operationsroboter 24, der beispielsweise die Form eines Roboterarms hat, in eine fest vorgegebene räumliche Beziehung zu dem montierten stereotaktischen Rahmen 14 gebracht und fest montiert. Sodann werden 20 Landmarkenpunkte mit der Spitze des Operationsinstruments als Eichungsgerät angefahren, wodurch eine eindeutige Beziehung zwischen dem Arbeitsraum des Roboters und dem Raum der präoperativ hergestellten Bilder erzeugt wird. Eine ähnliche feste Verbindung wird sodann hergestellt zwischen dem stereotaktischen Rahmen 14 und dem zu implantierenden Ultraschallkopf 20 25 zur Herstellung 3-dimensionaler Ultraschallbilder. Durch diese feste, vorgegebene Verbindung zwischen dem präoperativen Bildraum und dem intraoperativen Ultraschallbildraum besteht die Möglichkeit, Veränderungen im Operationsfeld mit Hilfe der Ultraschallbildgebung zunächst einmal festzuhalten. 30

Sodann erfolgt eine sogenannte Koregistrierung zwischen präoperativen und intraoperativen Bildern mit dem Ziel, diese Informationen in Echtzeit an den Roboterarm weiterzugeben und 35 damit die geplanten operativen Schritte an die aktuellen räum-

lichen Gegebenheiten anzupassen. Außerdem ermöglicht es dieser Koregistrierschritt, für die Bilddarstellung, welche dem Operateur während des Eingriffs als Orientierung dient, die jeweils qualitativ höchstwertige Darstellung der aktuellen Gegebenheiten zu erhalten, indem durch die Koregistrierung zum Beispiel der präoperative 3D-Kernspindatensatz nach den im intraoperativen Ultraschallbild erkannten räumlichen Veränderungen abgewandelt und dargestellt wird. Der koregistrierte, abgewandelte Kernspindatensatz als Kunstprodukt eines Koregistrierschrittes wird daher Bilder ergeben, welche den Anschein erwecken, es sei intraoperative Kernspintomographie durchgeführt worden. Tatsächlich aber wurde die Bildinformation von der intraoperativen Ultraschallbildgebung dazu verwendet, den präoperativen Kernspindatensatz derart abzuändern, daß das neue Kernspinbild den aktuellen räumlichen Gegebenheiten entspricht und identisch mit denen des aktuellen Ultraschallbildes ist. Damit können gegebenenfalls auch Bilddetails aus dem Kernspinbild, welche im Ultraschallbild nicht darstellbar sind, in diese abgewandelten, der aktuellen Situation angeglichenen Form dargestellt werden und dem Operateur ein hoch aufgelöstes virtuelles Bild seines Operationsgebietes präsentieren. Umgekehrt werden damit auch Bildinhalte präsentierbar, welche im präoperativen Bild nicht vorkommen, die also erst mittels des Ultraschalls erhalten werden können.

Im Detail bedeutet dieser Koregistriermechanismus, daß vorgeplante Zielpunkte, Strecken, Flächen und Räume des Roboterraumes jeweils den aktuellen Gegebenheiten im Operationsgebiet angepaßt werden. Sie ermöglichen aktuell präzises Operieren.

Wenn also z.B. eine Koagulationssonde aktiviert wird, um den zentralen Bereich eines Tumors zu koagulieren, wird als Folge des Koagulationsvorgangs der gesamte Tumor schrumpfen und die vom Operateur präoperativ vorgegebene Tumorgrenze

nicht mehr den aktuellen Tumorgrenzen entsprechen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist dazu in der Lage, Bewegungen dieser vorgegebenen Grenze zu beobachten und zu dokumentieren, also die Volumenveränderungen zu registrieren und an den Operationsroboter weiterzugeben. Das vom Operateur im Rahmen seiner präoperativen Planung vorgegebene Volumen wird als "Alarmvolumen" bezeichnet. Die Steuersoftware zur Registrierung von Veränderungen dieses Volumens bzw. Veränderungen der Oberfläche dieses Volumens wird als "Alarmvolumen-Adaptierungstool" (AVAT) bezeichnet.

Eines der Programme für robotische operative Leistungen besteht darin, ein vom Operateur vorgeplantes Volumen automatisch zu koagulieren. Dabei wird der automatische Koagulationsvorgang gestoppt, sobald das aktuell koagulierte Volumen an einer Stelle das geplante Volumen erreicht. Dabei ist die Leistung des AVAT zu berücksichtigen, welches gewährleistet, daß das geplante Volumen gegen Ende des Koagulationsvorgangs nicht mehr dem aktuellen Volumen entspricht, weil der gesamte Tumor während des Koagulationsvorgangs geschrumpft ist. Der Koagulationsvorgang wird also entsprechend der Bewegung der Tumoroberfläche während des Koagulationsvorgangs adaptiert und früher beendet.

Der nächste Operationsschritt besteht dann beispielsweise darin, die Spitze der Koagulationssonde in den Mittelpunkt jener neuen Kugel zu befördern, welche den größtmöglichen nächsten zu koagulierenden Resttumoranteil beinhaltet. Auch dabei ist wieder das AVAT zur Adaptierung zwischen geplantem und aktuellem Volumen zu berücksichtigen. Außerdem wird für diesen und die darauffolgenden Schritte zur dritten, vierten, etc. Koagulation jeweils die Bewegung vom aktuellen Standpunkt der Sondenspitze zu einem vorgegebenen Eintrittspunkt und von dort entlang einer Zugangsstrecke zum neuen Zielpunkt geführt.

Ein weiterer Programmablauf ist beispielsweise dazu vorgesehen, die innere Oberfläche eines zystischen Tumors mit einem Operationsinstrument abzuscanen, zuerst eine vorgegebene Schichtdicke zu koagulieren und sodann das koagulierte Gewebe abzuschürfen. Dabei wird das Distanzhalteprogramm aktiviert, welches gewährleistet, daß ein Sicherheitsabstand von der Koagulationsgrenze gehalten wird, damit bei der Tumorentfernung Blutungen vermieden werden.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen sowie der Zeichnung offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

ANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Ausführen von medizinischen Eingriffen (Operationen) am menschlichen oder tierischen Körper, mit

5 einer Einrichtung (18) zum Speichern von ersten Bilddaten über das Operationsgebiet und

einer Einrichtung (22) zum Anzeigen von Bilddaten,

10 gekennzeichnet durch

eine bildgebende Einrichtung (20) zum Gewinnen von zweiten Bilddaten über das Operationsgebiet während der Operation
15 und

eine Aktualisierungseinrichtung (10, 12), die dazu ausgelegt ist, zu einem ersten Zeitpunkt gewonnene zweite Bilddaten mit zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden
20 Zeitpunkt gewonnenen zweiten Bilddaten zu vergleichen, die ersten Bilddaten entsprechend der sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung zu aktualisieren und die aktualisierten ersten Bilddaten der Anzeigeeinrichtung (22) zuzuleiten.

25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktualisierungseinrichtung (10, 12) die ersten Bilddaten in vorbestimmten Zeitabständen aktualisiert.

30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktualisierungseinrichtung (10, 12) die ersten Bilddaten immer dann aktualisiert, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten.

35 4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Operationsroboter (24), der dazu aus-

gelegt ist, unter Einbeziehung der aktualisierten ersten Bilddaten manuell eingebene Befehle auszuführen und/oder nach einem vorbestimmten Programm mindestens einen Operationsschritt selbsttätig auszuführen.

5

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Operationsroboter (24) dazu ausgelegt ist, auf ein vorbestimmtes Volumen in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet beschränkt zu arbeiten.

10

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Operationsroboter (24) dazu ausgelegt ist, einen vorbestimmten Abstand zu einer vorbestimmten Grenzoberfläche in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet einzuhalten.

15

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Operationsroboter (24) dazu ausgelegt ist, einen vorbestimmten Punkt in dem durch die aktualisierten ersten Bilddaten repräsentierten Operationsgebiet anzufahren.

20

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Eingeben des Beschränkungsvolumens, der Grenzoberfläche und/oder des Anfahrpunktes.

25

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Eicheinrichtung (14), die fest an dem Körper anzubringen ist und die mindestens eine Landmarke aufweist, welche bezüglich des Körpers einen festen gemeinsamen Bezugspunkt für die ersten und die zweiten Bilddaten darstellt.

30

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Eicheinrichtung (14) von einem stereotaktischen Rahmen gebildet ist.

35

5 11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Bilddaten im Wege der Computertomographie und/oder der Kernspintomographie gewonnen worden sind.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die bildgebende Einrichtung (20) zum Gewinnen von zweiten Bilddaten mit Ultraschall arbeitet.

10 13. Verfahren zum Erzeugen eines Bildes eines menschlichen oder tierischen Körpers, mit folgenden Schritten:

- 15 - Speichern erster Bilddaten des Körpers,
- Aufnehmen zweiter Bilddaten des Körpers zu einem ersten und zu einem zweiten, nach dem ersten Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt,
- 20 - Vergleichen der zu dem ersten und zu dem zweiten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten miteinander,
- Aktualisieren der ersten Bilddaten entsprechend einer sich aus dem Vergleich ergebenden Veränderung und
- 25 - Anzeigen der aktualisierten ersten Bilddaten.

30 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Zeitpunkt und die Lage des Körpers bei dem Aufnehmen der zweiten Bilddaten derart gewählt werden, daß die zum ersten Zeitpunkt aufgenommenen zweiten Bilddaten den gespeicherten ersten Bilddaten entsprechen.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aktualisierens in vorbestimmten Zeitabständen durchgeführt wird.

5 16. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aktualisierens immer dann durchgeführt wird, wenn die sich aus dem Vergleich ergebenden Änderungen ein vorbestimmtes Maß überschreiten.

10 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Bilddaten im Wege der Computertomographie oder Kernspintomographie gewonnen worden sind.

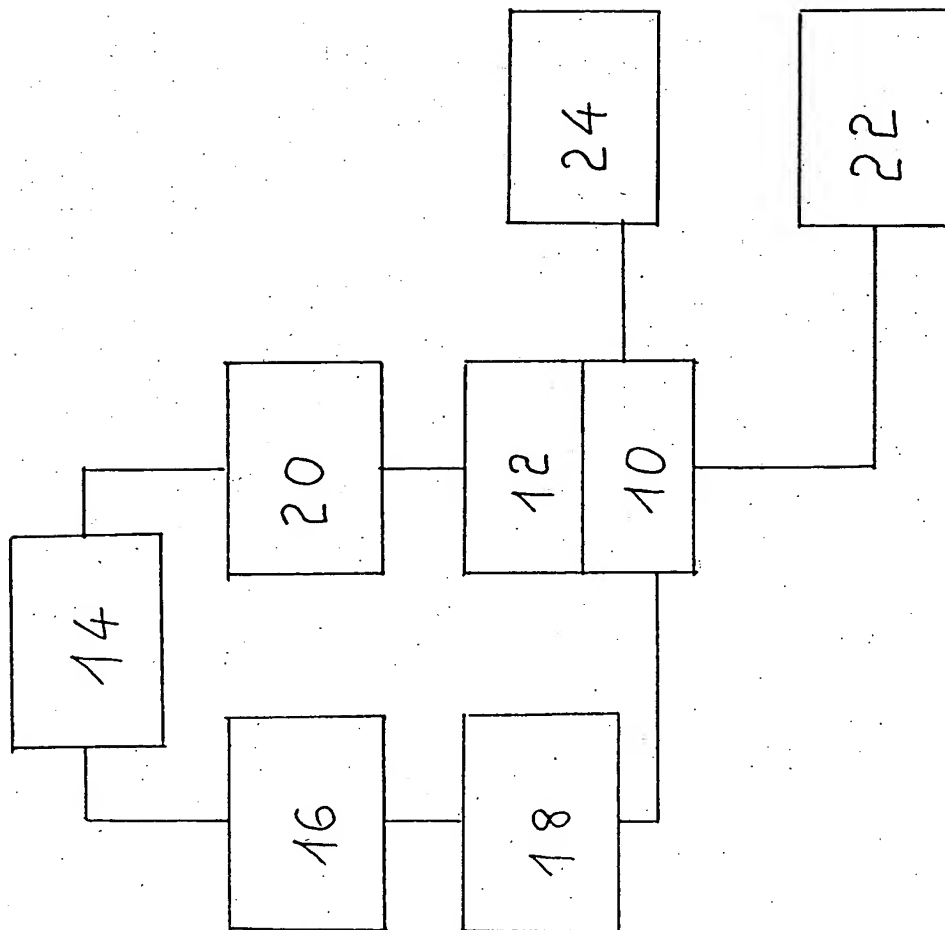
15 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Bilddaten mittels Ultraschalls aufgenommen werden.

20

25

30

35



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/07540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61B19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 38908 A (SCHNEIDER M BRET ; SCHNEIDER MEDICAL TECHNOLOGIES (US)) 11 September 1998 (1998-09-11)	1-4, 9-18
Y	page 31, line 14 - page 32, line 16 page 13, line 4 - page 14, line 4 page 27, line 24 - line 29 page 24, line 21 - line 22	5-8
X	WO 96 10949 A (MEDICAL MEDIA SYSTEMS) 18 April 1996 (1996-04-18)	1, 13
Y	page 17, paragraph 2 - page 18, paragraph 1 US 5 408 409 A (MITTELSTADT BRENT D ET AL) 18 April 1995 (1995-04-18)	5-8
	column 2, line 39 - line 42 --- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search.

14 January 2000

Date of mailing of the international search report

25/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moers, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 99/07540

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 96 25881 A (UNSGAARD GEIRMUND ;OLSTAD BJOERN (NO); GROENNINGSATER AAGE (NO)) 29 August 1996 (1996-08-29) abstract</p> <p>-----</p>	1,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. .ional Application No

PCT/EP 99/07540

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9838908	A	11-09-1998	NONE		
WO 9610949	A	18-04-1996	US	5765561 A	16-06-1998
			AU	4002595 A	02-05-1996
			CA	2202052 A	18-04-1996
US 5408409	A	18-04-1995	US	5299288 A	29-03-1994
WO 9625881	A	29-08-1996	WO	9625882 A	29-08-1996
			AU	4851396 A	11-09-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07540

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 A61B19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 98 38908 A (SCHNEIDER M BRET ; SCHNEIDER MEDICAL TECHNOLOGIES (US)) 11. September 1998 (1998-09-11)	1-4, 9-18
Y	Seite 31, Zeile 14 - Seite 32, Zeile 16 Seite 13, Zeile 4 - Seite 14, Zeile 4 Seite 27, Zeile 24 - Zeile 29 Seite 24, Zeile 21 - Zeile 22	5-8
X	WO 96 10949 A (MEDICAL MEDIA SYSTEMS) 18. April 1996 (1996-04-18)	1, 13
Y	Seite 17, Absatz 2 - Seite 18, Absatz 1	
Y	US 5 408 409 A (MITTELSTADT BRENT D ET AL) 18. April 1995 (1995-04-18)	5-8
	Spalte 2, Zeile 39 - Zeile 42	
	--- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Januar 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/01/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Moers, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. Anales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07540

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WO 96 25881 A (UNSGAARD GEIRMUND ;OLSTAD BJOERN (NO); GROENNINGSÆTER AAGE (NO)) 29. August 1996 (1996-08-29) Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	1, 13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Inter. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/07540

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
W0 9838908	A	11-09-1998	KEINE		
W0 9610949	A	18-04-1996	US	5765561 A	16-06-1998
			AU	4002595 A	02-05-1996
			CA	2202052 A	18-04-1996
US 5408409	A	18-04-1995	US	5299288 A	29-03-1994
W0 9625881	A	29-08-1996	W0	9625882 A	29-08-1996
			AU	4851396 A	11-09-1996